

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA DO GRÃO DE SORGO COM TANINO
PELA TÉCNICA *IN SITU* EM RUMINANTES**

JÉSSYCA KAREN PINHEIRO

**AREIA
2015**

JÉSSYCA KAREN PINHEIRO

**DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA DO GRÃO DE SORGO COM TANINO
PELA TÉCNICA *IN SITU* EM RUMINANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso de
Zootecnia no Centro de Ciências Agrárias
da Universidade Federal da Paraíba, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de graduado em Zootecnia.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Lara Toledo Henriques

**AREIA
2015**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

P564d Pinheiro, Jéssyca Karen.

Degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino pela técnica
in situ em ruminantes / Jéssyca Karen Pinheiro. - Areia: UFPB/CCA, 2015.
43 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Centro de
Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientadora: Lara Toledo Henriques.

1. Dieta de ruminantes 2. Grão de sorgo – Dieta 3. Degradabilidade
ruminal – Novilhos I. Henriques, Lara Toledo (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.084:636.2.053

JÉSSYCA KAREN PINHEIRO

**DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA DO GRÃO DE SORGO COM
TANINO PELA TÉCNICA *IN SITU* EM RUMINANTES**

Orientador (a): _____

Nome: Lara Toledo Henriques

Instituição: DCFS/CCA/UFPB

Examinador (a): _____

Nome: Safira Valença Bispo

Instituição: DZ/CCA/UFPB

Examinador (a): _____

Nome: Carla Gisely de Souza

Instituição: PDIZ/CCA/UFPB

LOCAL, ____/____/____

A Deus,
Aos meus pais, Janson e Risonete
Aos meus irmãos, James (*in memorian*), Jenifer e Jôvanna
A minha querida Tia Adênia

DEDICO

A minha orientadora, profa. Lara Toledo Henriques, pelo grande exemplo de pessoa e profissional, levarei seus ensinamentos comigo pelo resto da vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me concedido a graça da vida e por ser o meu refúgio e fortaleza em todos os momentos.

Aos meus pais, Janson Pinheiro e Risonete Pereira, pelo imenso amor e dedicação, a quem depois de Deus, dedico todas as minhas conquistas.

Aos meus irmãos, James (*in memoriam*), Jenifer e Jôvanna, pelo amor e cumplicidade. Deus os deu pra mim e foi com eles que passei os momentos mais felizes da minha vida.

A minha querida Tia Adênia, pelo amor, incentivo, apoio e dedicação.

A Vovó Carmosina, pelo exemplo de mulher e educadora.

A Alexson, pela força, incentivo, apoio e bom ânimo nesses 4 anos e meio de graduação. Obrigada pela paciência!

Aos meus sogros, Dona Celi e Seu Ademar, por terem me acolhido e cuidado de mim como um dos seus.

A minha orientadora, Lara Toledo Henriques, pela orientação, incentivo e paciência durante esses anos. Aquela em quem me espelho por ser uma grande pessoa e profissional. Ela acreditou em mim até quando eu mesma não acreditava...

Aos meus amigos de longe: Rhamon Costa e Silva, Tiago Sales, Rildo Moraes, Ygor, Isabel Cristina e Zezinho.

Aos amigos que ganhei com a Zootecnia destaco: Rubia Guedes, Francisca Barbosa, José Gomes (“Zezinho”), Gildênia Pereira, Ângela Imperiano, Marcos Venâncio, Josinaldo Araújo, Valber Gomes, Ana de Fátima, como foi bom viver com vocês.

As meninas da casinha, Andreza, Claudiana e Márcia, vocês foram uma bela surpresa nesse último período.

Aos colegas de experimento, Gabriel Almeida, Samara Barbosa, Rogério Aleson, Elton Pereira, Carla Giselly, Natanael Filho, Rafael Barão e Leandro José.

Aos professores, Prof. Severino Gonzaga, Prof. Ariosvaldo Medeiros e Prof. Walter Pereira, pelo importante auxílio na realização deste trabalho.

Enfim, a todas as pessoas que direto ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. TÉCNICA <i>IN SITU</i>	3
2.2. DEGRADABILIDADE DOS NUTRIENTES.....	7
2.3. SORGO.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. LOCAL	15
3.2. ORIGEM DO GRÃO DE SORGO E DIETAS EXPERIMENTAIS.....	15
3.3. MANEJO DOS ANIMAIS.....	17
3.4. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE SORGO.....	17
3.5. DETERMINAÇÃO DA DEGRADABILIDADE RUMINAL.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	26

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 0%.....	19
FIGURA 2. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 33%.....	20
FIGURA 3. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 67%.....	21
FIGURA 4. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 100%.....	23
FIGURA 5. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino nos níveis 0, 33, 67 e 100%.....	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Composição das dietas experimentais em g/kg/MS com inclusão de sorgo em substituição ao milho e quantidades de tanino das dietas.....16

TABELA 2. Teores de nutrientes da silagem de capim elefante e das dietas experimentais de acordo com o nível de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído nas proporções de 0, 33, 67, 100% no concentrado.....16

TABELA 3. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do grão de sorgo.....17

RESUMO

PINHEIRO. Jéssyca Karen Pinheiro, Universidade Federal da Paraíba, março de 2015.

Degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino pela técnica *in situ* em ruminantes. Orientadora: Lara Toledo Henriques.

Avaliou-se o efeito do tanino sobre a degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo, em função dos níveis de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído no concentrado de novilhos. Os grãos de sorgo foram obtidos mediante o corte da panícula da planta de sorgo com os grãos secos (87% MS) com auxílio de uma tesoura de poda. Foram feitas análises para determinação da composição bromatológica do grão de sorgo. Para a determinação da degradabilidade da matéria seca foram acondicionados 25 g do grão de sorgo em sacos de tecido não - tecido (TNT - 100 g/m²), respeitando a relação de 20 mg de matéria seca/cm² de superfície. Essas amostras foram incubadas em 4 bovinos mestiços, castrados, com peso corporal de 518,8 ± 30,6kg, fistulados no rúmen que foram mantidos em baias individuais com acesso irrestrito à água. Os animais passaram por um período de adaptação às instalações e dietas experimentais de 14 dias. Foram alimentados com uma dieta na forma de ração completa, *ad libitum*, formuladas e balanceadas, de forma que apresentava uma relação volumoso:concentrado de 60:40. Os tratamentos foram constituídos em função dos níveis de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído nas proporções de 0, 33, 67, 100% no concentrado. A Degradabilidade da Matéria Seca (DMS) foi obtida após a permanência das amostras no rúmen por 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. A DMS apresentou comportamento crescente para níveis de 0, 33, 67 e 100% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído no concentrado. Os níveis 33 e 100% de substituição apresentaram a DMS mais acentuada até às 48 horas de incubação. Enquanto que, os níveis 0 e 67 apresentaram degradabilidade mais elevada no intervalo de 48 a 144 horas de incubação. Portanto, o grão de sorgo incluído nas proporções de 33 e 100% no concentrado apresentou elevada disponibilidade de matéria seca nas primeiras horas de incubação. O nível 67% de grão de sorgo na dieta apresentou o maior desaparecimento da MS às 144 horas de incubação.

PALAVRAS-CHAVE: degradação ruminal, digestibilidade, matéria seca.

ABSTRACT

PINHEIRO. Jéssyca Karen Pinheiro, Federal University of Paraíba, March 2015.
Degradability of sorghum dry matter with tannin by *in situ* technique in ruminants. Advisor: Lara Toledo Henriques.

We evaluated the effect of tannin on the degradability of sorghum dry matter depending on the levels of corn meal substitution per milled sorghum grains in steers concentrate. Sorghum grains were obtained by cutting the sorghum plant panicle with dry beans (87% DM) with the aid of pruning shears. Analyzes were done to determine the bromatologic composition of sorghum grain. To determine the degradability of dry matter were placed 25 g of sorghum grain in non-woven fabric bags (NWF - 100 g / m²), respecting the relationship of 20 mg of dry weight/cm² of surface. These samples were incubated in four crossbred steers with a body weight of 518,8 ± 30,6 kg, rumen fistulated and kept in individual pens with free access to water. The animals went through an adaptation period to the facilities and experimental diets for 14 days. They were fed with a total mixed ration diet *ad libitum* formulated and balanced so that presented a forage : concentrate ratio of 60:40. The treatments were constituted according to the levels of corn meal substitution per milled sorghum grain in the proportions of 0, 33, 67, 100% in the concentrate. The Dry Matter Degradability (DMD) was obtained after the samples remain in the rumen for 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours. The DMD showed increasing trend for the levels of 0, 33, 67 and 100% of milled sorghum grains in substitution of corn meal in the diet. The levels 33 and 100% of replacement showed the most pronounced DMD up to 48 hours of incubation. While the levels 0 and 67 had higher degradability in between 48 and 144 hours of incubation. Therefore, the sorghum grain included in the proportions of 33 and 100% in the concentrate showed great availability of dry matter in the early hours of incubation. The level 67% of sorghum grain in the diet had the highest DM disappearance at 144 hours of incubation.

KEYWORDS: ruminal degradation, digestibility, dry matter.

1. INTRODUÇÃO

A degradabilidade ruminal *in situ* é uma técnica utilizada como etapa na avaliação dos alimentos para ruminantes, cuja finalidade é propiciar o conhecimento de frações, taxas e extensões de desaparecimento dos nutrientes de modo que haja o delineamento do comportamento cinético da digestão dos alimentos.

Além da técnica *in situ*, outras técnicas (*in vivo* e *in vitro*) são utilizadas para avaliação do valor nutritivo dos alimentos para ruminantes. Contudo, a técnica *in situ* tem sido recomendada devido sua rápida e fácil execução, já que demanda pequena quantidade de amostra do alimento e permite seu contato íntimo com o ambiente ruminal em condições reais de temperatura, pH, substrato, enzimas, entre outros (SANTOS, 2008).

A determinação da degradabilidade das frações dos alimentos pela técnica *in situ*, permite visualizar o sincronismo de degradação de energia e nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento microbiano. Esse sincronismo ruminal dos nutrientes permite a combinação de diversos alimentos visando obter o máximo desempenho microbiano (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

Diversas espécies forrageiras de origem tropical são utilizadas na alimentação dos ruminantes. Entre elas, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) que tem sido considerado a melhor opção em regiões áridas e semiáridas de todo o mundo, em virtude de ser uma planta típica de clima quente e apresentar características xerófilas, baixa exigência em fertilidade de solo e alta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico e salinidade (SANTOS; GRANGEIRO, 2013).

O grão de sorgo tem sido empregado como fonte energética em formulações de dietas para ruminantes e não ruminantes e pode substituir principalmente o milho em regiões semiáridas, pois, apresenta eficiência de uso de água superior a grande maioria das gramíneas tropicais e necessita em média de 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca (TABOSA *et al.*, 1999).

Em termos nutricionais, o grão de sorgo é considerado uma ótima alternativa em substituição ao milho na alimentação animal, sendo ligeiramente inferior em valor energético (NRC, 2001). Apresenta teor de proteína em torno de 8 a 9%, um pouco superior ao milho,

embora esta, seja de menor qualidade devido aos baixos níveis de metionina e lisina. Além disso, dispõe de níveis maiores de triptofano (SCHEUERMANN, 2003).

Alguns cultivares de sorgo apresentam na sua composição compostos fenólicos, os quais são resultantes do metabolismo secundário das plantas que atuam como agentes de defesa contra herbívoros e patógenos (AERTS; BARRY; McNABB, 1999). Esses compostos fenólicos possuem efeito fungicida e contribuem com a resistência a ataque de pássaros.

Os efeitos benéficos e deletérios do tanino no metabolismo dos ruminantes dependem de sua concentração, espécie e natureza, bem como, estado fisiológico do animal e composição da dieta (BERCHIELLI *et al.*, 2011). Tais efeitos estão intimamente relacionados à capacidade dos taninos em formar complexos insolúveis com diversas moléculas.

A inclusão de taninos em dietas para ruminantes torna-se uma importante ferramenta de modulação da fermentação ruminal, pois, apresenta a capacidade de fracionar os alimentos carreando a maior proporção dos nutrientes disponíveis para a síntese de proteína microbiana, os quais maximiza o crescimento microbiano e, por consequência, o desempenho animal.

Com isso, a avaliação do valor nutritivo de alimentos ricos em tanino passa a ser uma etapa imprescindível para melhor conhecer as implicações da adição desse composto fenólico em dietas para ruminantes.

Considerando a escassez de informações referentes ao valor nutritivo de alimentos de origem tropical se vê a necessidade de mais pesquisas. Tais informações permitem identificar as principais causas limitantes do nível de produção, possibilitando deduzir estratégias de manejo que resultem em aumento na produção animal (BARROS, 2010).

O presente trabalho objetiva avaliar o efeito do tanino sobre a degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo em função dos níveis de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído no concentrado de novilhos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. TÉCNICA *IN SITU*

A técnica *in situ* consiste na suspensão de amostras de alimentos acondicionados em sacos de náilon ou outro material sintético, e incubados no rúmen de animais fistulados por períodos variáveis. Essa técnica permite determinar a proporção com que os nutrientes tornam-se disponíveis aos microrganismos ruminais, visando estabelecer as quantidades e relações dos nutrientes necessários à resposta microbiana eficiente.

A avaliação dos alimentos pela técnica *in situ* não é recente. Esta técnica foi descrita pela primeira vez no final da década de 30, na África do Sul, por Quinn *et al.*, (1938) quando avaliavam a degradação de alimentos através de sacos incubados no rúmen de ovinos fistulados.

Ao longo dos anos, várias pesquisas foram realizadas com o intuito de aperfeiçoar a técnica. Somente na década de 70, com o advento das fibras sintéticas Mehrez e Ørskov (1977) realizaram estudos que sugeriram a utilização de sacos de tecido sintético em procedimentos *in situ*.

A degradabilidade ruminal *in situ* é uma técnica utilizada como etapa imprescindível da avaliação dos alimentos para ruminantes, cujo objetivo é propiciar o conhecimento de frações, taxas e extensões de desaparecimento dos nutrientes para descrever o comportamento cinético da digestão dos alimentos no rúmen (SILVA, 2012).

Dessa forma, as informações referentes ao perfil de degradação dos alimentos que compõem as rações dos ruminantes são de elevada importância, pois, permitem o máximo desempenho animal através do sincronismo dos nutrientes na dieta (SANTOS, 2006).

Tendo em vista a necessidade de avaliar os parâmetros cinéticos de degradação dos alimentos para ruminantes, existem, além da técnica *in situ*, outras técnicas (*in vivo*, *in vitro*) que são capazes de determinar a degradabilidade dos nutrientes.

A avaliação dos alimentos pela técnica *in vivo* é considerada a ideal para a predição da digestibilidade dos alimentos que compõe as dietas dos ruminantes. Contudo, os procedimentos *in vivo* requerem grandes quantidades de alimentos e um grande número de

repetições, para serem contornadas as variações referentes ao animal e a outros fatores (VALADARES FILHO; PINA, 2011). Assim, devido à necessidade de um número considerável de repetições, juntamente com o custo de manutenção e o grande número de amostras, podem tornar os estudos *in vivo* consideravelmente onerosos.

Devido aos inconvenientes gerados pela técnica *in vivo*, foram desenvolvidas técnicas alternativas para estimar a digestibilidade das dietas, que permitissem a utilização de menores quantidades de alimento e fossem realizadas em um menor espaço de tempo. Os métodos alternativos que surgiram com essa finalidade, foram os procedimentos *in vitro* e *in situ* (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A técnica *in vitro* foi desenvolvida por Tilley e Terry (1963), tem como objetivo simular a digestão ruminal através da incubação de amostra do alimento com líquido ruminal em meio de cultura. Essa técnica tem como inconvenientes a redução da população microbiana aderida à partícula no processo de filtração do líquido ruminal, o grande número de etapas e análises para sua execução, que inviabilizam a degradação dos constituintes da amostra pelos microrganismos subestimando os valores de digestibilidade (TEIXEIRA, 1997).

A técnica *in situ* soluciona os inconvenientes das técnicas *in vivo* e *in vitro*, devido a sua rápida e fácil execução, requerendo pequena quantidade de amostra do alimento, permitindo o contato íntimo do mesmo com o ambiente ruminal em condições reais de temperatura, pH, substrato, enzimas, entre outros (SANTOS, 2008). Por esse motivo, é considerada como técnica ideal para simular o ambiente ruminal dentro de um determinado regime alimentar, apesar do alimento não sofrer os processos digestivos de mastigação, ruminação e passagem (NOCEK, 1997).

Alguns fatores podem afetar a avaliação da degradação dos alimentos pela técnica *in situ*, tais como: material de confecção e porosidade do saco, relação peso da amostra/área superficial, tamanho da partícula da amostra, número de horários de incubação, efeito da dieta, efeito animal, processamento das amostras pós-rúmen e contaminação microbiana do resíduo de incubação.

A perda solúvel e mecânica de partículas pode somar uma proporção considerável de nutrientes, assim, determinar a porosidade adequada do saco deve levar em conta o tamanho

da partícula, natureza e tipo de alimento precavendo valores superestimados de desaparecimento dos nutrientes (NOCEK, 1997).

A porosidade do saco deve ser apropriada, pois, deve limitar o fluxo de conteúdo ruminal para o interior do saco e permitir o fluxo de populações microbianas para degradar o alimento, enquanto que ao mesmo tempo deve limitar a saída de partículas alimentares não degradadas e remover os produtos finais da degradação (NOCEK, 1997). Recomenda-se em procedimentos *in situ* utilizar a porosidade do saco variando entre 40 a 60 μm (PINA *et al.*, 2010).

Os materiais mais utilizados para confecção de sacos em procedimentos de incubação *in situ* são: náilon (50 μm), F57 (Ankom[®]) e tecido não - tecido (TNT - 100 g/m²). O náilon é amplamente utilizado como recipiente de acondicionamento de amostras em estudos *in situ*. Já o tecido F57 (Ankom[®]) é recomendado para obtenção dos teores de fibra em detergente neutro indigestível em função da exatidão das estimativas obtidas. Contudo, o tecido não-tecido (100 g/m²) pode constituir alternativa de menor custo ao F57 em estudos para quantificação de compostos fibrosos indigestíveis em alimentos, uma vez que apresenta, em geral, estimativas com níveis similares de exatidão e precisão (CASALI *et al.*, 2009).

A relação peso da amostra/superfície da área do saco deve propiciar resíduo suficiente para a execução das análises laboratoriais, e permitir à estimativa com maior exatidão dos parâmetros de degradação (SILVEIRA, 2006).

Segundo Nocek (1997), quando a quantidade de amostra aumenta em relação à superfície do saco os alimentos tendem a tornar-se mais compactados, restringindo então o fluxo de fluido ruminal e o contato com partículas do alimento que tendem a reduzir a taxa de digestão, especialmente nos períodos iniciais de incubação. O autor recomenda que para forragens e concentrados, se respeite a relação de 20 mg de amostra por cm² de tecido.

Nos estudos *in situ*, o alimento incubado não sofre os processos digestivos de mastigação, ruminação e passagem, portanto, é necessário que a amostra de alimento tenha um tamanho de partícula que permita o rápido acesso dos microrganismos aos nutrientes da dieta (SILVEIRA, 2006). Assim, a moagem da dieta permite a redução do tamanho das partículas do alimento com intuito de aumentar a superfície de área do alimento para a degradação microbiana.

Devido a isso, as amostras de alimento utilizadas em procedimentos *in situ* devem ser moídas com a finalidade de simular o processo de mastigação. Quando as amostras são moídas de forma grosseira resultam em menores taxas de degradação, entretanto, quando são finamente moídas podem escapar através dos poros do saco superestimando os valores de degradação.

Damiran *et al.*, (2008) avaliando o tamanho da partícula na estimativa da degradabilidade *in situ* de forragens, observou que os valores de degradação foram superestimados quando as amostras foram moídas em peneira com crivos menores que 2 mm. De acordo com Nocek (1997), os materiais finamente moídos estão sujeitos a maiores perdas mecânicas dos sacos, resultando muitas vezes em taxas de digestão rápidas e irreais.

Assim, alguns autores (VANZANT; COCHRAN; TITGEMEYER, 1998; CASALI *et al.*, 2008; DAMIRAN *et al.*, 2008; PINA *et al.* 2010) recomendam na avaliação da degradabilidade *in situ* a utilização de amostras com partículas de 2 mm para todos os tipos de alimentos.

O tempo de incubação ruminal é uma das variáveis de maior influência sobre a representabilidade dos resíduos indigestíveis em procedimentos *in situ* (CASALI *et al.*, 2008). Assim, a determinação do número de horários de incubação requeridos para o estudo da degradação dependerá do tipo de alimento e da fração a ser avaliada (SANTOS, 2006).

Nocek (1997) recomenda para intervalos de 0 a 24 horas, de 3 a 12 tempos de incubação, e para avaliações superiores a 24 horas, sugere intervalos entre os tempos de incubação de 6 a 12 horas. O maior número de horários, nas primeiras horas de incubação, pode ser efetivo na observação de melhores estimativas do comportamento de degradação em alimentos que são rapidamente degradados no rúmen (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

Contudo, grande número de tempos de incubação não é interessante, pois, pode tornar o procedimento laborioso e interferir no processo digestivo devido às constantes retiradas dos sacos do rúmen, ocasionando maior erro experimental e estresse animal (SARMENTO, 2011).

A dieta tem efeito sobre a microbiota ruminal que, por sua vez, determina a taxa de degradação dos constituintes do alimento. Sendo assim, o animal utilizado em estudos *in situ*

deve receber uma dieta compatível com os ingredientes avaliados, visando adaptar a microbiota do rúmen para que se desenvolvam, colonizem e degradem de forma eficiente à amostra de alimento.

O efeito animal pode ser uma fonte de variação na avaliação de alimentos pela técnica *in situ*. Essa variação pode ser influenciada pela espécie, ou até mesmo pelo sexo e estado fisiológico do animal fistulado. Entre as espécies de ruminantes utilizadas em estudos *in situ*, é possível observar variações quanto à forma de aproveitamento dos nutrientes, talvez em decorrência da variação na espécie, sexo e estado fisiológico (NOCEK, 1997).

O processamento das amostras pós-rúmen consiste em etapa subsequente dos estudos *in situ*, que consiste na remoção do material e parte dos microrganismos aderidos ao saco. Esse procedimento deve ser realizado através da lavagem dos sacos em água corrente até total clareamento para que não haja superestimação dos valores de matéria seca não digerida.

A contaminação por resíduos de microrganismos nas amostras de alimentos expostas ao ambiente ruminal é um obstáculo inerente à estimativa da degradabilidade *in situ* da proteína nos alimentos. A contaminação microbiana influencia pouco o valor de degradabilidade da matéria seca, mas, devido ao elevado teor de nitrogênio nos microrganismos, a degradabilidade da proteína bruta pode ser subestimada, principalmente para as forragens (PINA *et al.*, 2010).

2.2. DEGRADABILIDADE DOS NUTRIENTES

A digestibilidade constitui um dos principais parâmetros para avaliação do valor nutritivo dos alimentos (CASALI *et al.*, 2008). Em geral, a avaliação dos alimentos para ruminantes utiliza o conceito de digestibilidade aparente para representar a parte do alimento que é ingerido, mas que não é excretado nas fezes.

O rúmen representa o principal compartimento de digestão dos nutrientes nos ruminantes. Essa porção do trato gastrointestinal fornece um ambiente anaeróbico com temperatura ideal (em torno de 39 °C a 42 °C) e pH favorável (variando entre 5,5 a 7,2) para o

estabelecimento de microrganismos que degradam os alimentos transformando-os em substratos para o ruminante.

Devido à digestão dos nutrientes no trato gastrointestinal dos ruminantes ser diferenciada, havendo digestão microbiana no rúmen (TEIXEIRA, 1997), é imprescindível a adoção de procedimentos que determinem a digestibilidade ruminal dos alimentos, visando conhecer a proporção com que os nutrientes tornam-se disponíveis no rúmen.

A determinação da degradabilidade ruminal pela técnica *in situ* surge com o intuito de elucidar o processo de digestão ruminal dos nutrientes, através da estimativa do desaparecimento das frações dos alimentos no rúmen. Essa técnica consiste na suspensão de amostras de alimento no rúmen de animais fistulados, permitindo o contato íntimo do alimento com o ambiente ruminal (TEIXEIRA, 1997).

A estimativa de frações, taxas e extensões de desaparecimento ruminal dos nutrientes permite o conhecimento do comportamento cinético da digestão dos alimentos no ruminante. A partir da descrição da cinética ruminal é possível traçar o perfil de degradação dos constituintes dos alimentos para estabelecer o suprimento de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento microbiano.

Alguns modelos matemáticos são utilizados em estudos de degradabilidade *in situ* como ferramentas para a descrição dos processos dinâmicos da digestão ruminal dos alimentos através da quantificação dos parâmetros de degradação e passagem. Esses modelos matemáticos auxiliam no conhecimento do comportamento das várias frações do alimento que tornam - se disponíveis a microbiota ruminal.

Ørskov e McDonald (1979) sugeriram um modelo matemático que retrata a digestão ruminal dos alimentos através do comportamento de desaparecimento da amostra incubada em função do tempo de permanência no rúmen. As curvas de degradação para os alimentos segundo o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979) são obtidas pela seguinte equação (1):

$$DP = a + b * (1 - \exp^{(-ct)})$$

Em que: DP = degradação acumulada no tempo t de incubação ruminal (%); a = interseção da curva de degradação quando $t = 0$, que representa a fração potencialmente degradável (%); b = degradabilidade potencial do material que permaneceu no saco após o tempo zero e que será degradado pela ação da microbiota, se não houvesse *lag-time* ou tempo de colonização (%); c = taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável b (%/hora); t = tempo de incubação no rúmen (horas).

Contudo, a digestão ruminal dos alimentos no rúmen é resultado de dois parâmetros competitivos que atuam simultaneamente, a taxa de passagem e a taxa de degradação. Pensando nisso, Ørskov e McDonald (1979) sugeriram mais um modelo matemático que inclui a taxa de passagem a determinação da degradabilidade obtida pela seguinte equação (2):

$$DE = a + [(b \times c)/(c + k_1)]$$

Em que: DE = degradabilidade efetiva (%); a = fração solúvel mais partículas com tamanho reduzido que atravessam os poros do náilon (%); b = fração potencialmente degradável por ação da microbiota (%); c = taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável b (%/hora); k_1 (/hora) = taxa de passagem ruminal.

O conhecimento da degradação das frações dos alimentos possibilita o balanceamento de dietas, visando atender as exigências dos microrganismos e do ruminante. O adequado suprimento de nutrientes para os microrganismos propicia o máximo crescimento microbiano, e por consequência, o máximo desempenho animal.

Os microrganismos ruminais requerem fontes de energia, nitrogênio e minerais para o crescimento microbiano. Segundo Van Soest (1994), esses são os principais fatores que afetam o crescimento e a eficiência microbiana.

Os carboidratos são a principal fonte de energia para os microrganismos ruminais, que após fermentados, fornecem substratos para o metabolismo energético dos ruminantes (FORTALEZA *et al.*, 2009). Enquanto, que a proteína degradada no rúmen (PDR) fornece nitrogênio disponível aos microrganismos para a síntese de proteína microbiana que, por sua vez, é fonte de aminoácidos para ruminantes.

A maior parte dos aminoácidos absorvidos pelos ruminantes é proveniente da proteína microbiana sintetizada no rúmen, sendo as exigências dietéticas de proteína metabolizável para ruminantes, atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína microbiana verdadeira digestíveis (PINA *et al.*, 2010).

Assim, a determinação da taxa de degradação das frações dos alimentos através da degradabilidade *in situ* possibilita o sincronismo de degradação ruminal de energia e nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento microbiano. Esse sincronismo ruminal dos nutrientes permite a combinação de diversos alimentos visando obter o máximo desempenho microbiano e animal (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

A taxa e a extensão da digestão no rúmen são determinadas por complexas inter-relações entre vários fatores, incluindo fatores relacionados ao alimento, ao animal e a dieta.

A taxa de degradação das frações dos alimentos pode ser influenciada por alguns fatores intrínsecos ao alimento, tais como: composição química, constituintes da parede celular, proporção dos tecidos da planta, estágio de maturidade, processamento do alimento e compostos antinutricionais (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

Uma vez o alimento no rúmen, a taxa de degradação pode ser influenciada, também por fatores relacionados ao animal, como taxa de redução de tamanho de partículas pela ruminação, pela atividade microbiana e condições ruminais (pH, pressão osmótica, tempo de retenção média da digesta) (NUSSIO; CAMPOS; LIMA, 2011). Além disso, o efeito associativo da ração pode restringir a taxa e a extensão da degradação dos nutrientes.

No Brasil, existem diversas plantas forrageiras que são utilizadas na alimentação de ruminantes. Contudo, informações referentes ao perfil de degradação ruminal dessas forragens tropicais são escassas requerendo mais pesquisas voltadas a determinação de frações, taxas e extensões de desaparecimento dos alimentos no rúmen.

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos de origem tropical é importante devido à grande variação na composição e na taxa de degradação dos constituintes desses alimentos, que por sua vez, são influenciados por fatores como: espécie forrageira, idade,

época do ano, compostos antinutricionais, adubação do solo, entre outros (VAN SOEST, 1994).

Portanto, o conhecimento da degradabilidade dos alimentos que compõem a dieta dos ruminantes é fundamental para a adequação de dietas, que otimizem o desempenho produtivo e reduzam o custo de produção, bem como as perdas energéticas e de compostos nitrogenados associados à digestão e ao metabolismo dos nutrientes (CABRAL *et al.*, 2005).

2.3. SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é originário da África, e atualmente é o quinto cereal mais cultivado no mundo, sendo superado apenas pelas produções de trigo, arroz, milho e cevada. Essa cultura tem sido considerada a melhor opção em regiões áridas e semiáridas de todo o mundo, em razão de ser uma planta típica de clima quente, apresentando características xerófilas, baixa exigência em fertilidade de solo e alta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico e salinidade (SANTOS; GRANGEIRO, 2013).

Na Ásia, África, China e América Central o grão de sorgo é importante alimento básico para humanos, ao passo que na América do Norte, América do Sul, Europa e Austrália destinam-se principalmente à alimentação animal, assim como no Brasil (SOUZA, 2009). Logo, o uso do sorgo na dieta de animais impede que haja competição com a população pelo seu consumo, como ocorre com o milho consumido em larga escala tanto na alimentação humana como animal.

O grão de sorgo tem sido empregado como fonte energética em formulações de dietas para ruminantes e não ruminantes e pode substituir principalmente o milho em regiões semiáridas, pois, apresenta eficiência de uso de água superior a grande maioria das gramíneas tropicais e necessita em média de 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca (TABOSA *et al.*, 1999).

Em termos nutricionais, o grão de sorgo é considerado uma ótima alternativa em substituição ao milho na alimentação animal, sendo ligeiramente inferior em valor energético (NRC, 1994). Apresenta um teor de proteína em torno de 8 a 9%, um pouco superior ao

milho, embora esta, seja de menor qualidade devido aos baixos níveis de metionina e lisina. Além disso, dispõe de níveis maiores de triptofano (SCHEUERMANN, 2003).

Alguns cultivares de sorgo apresentam na sua composição taninos, que são compostos fenólicos resultantes do metabolismo secundário das plantas utilizados como estratégia de defesa contra estresse ambiental, herbívoros e patógenos (NOZELLA, 2001). Esse composto fenólico confere ao grão de sorgo vantagens como: resistência ao ataque de pássaros e efeito fungicida.

Os taninos são compostos secundários que podem ser classificados quanto à estrutura química em: taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis são ésteres de ácido gálico ou ácido hexahidroxidifênico, que apresentam baixa concentração nas plantas podendo ser facilmente hidrolisados. Os taninos condensados são largamente encontrados no reino vegetal, possuem estruturas formadas por polímeros de flavanoídes que são capazes de formar ligações insolúveis com proteínas, carboidratos e minerais, conferindo aos taninos condensados uma rica diversidade estrutural (McSWEENEY *et al.*, 2001).

A concentração de taninos nas plantas pode variar com a espécie, cultivar, tecido vegetal, estágio de desenvolvimento e condições ambientais (BEELEN *et al.*, 2008). Esses fatores influenciam não somente a concentração, mas também o peso molecular dos taninos, característica que pode determinar a ação desses fenóis na qualidade nutricional das plantas (LASCANO *et al.*, 2001 *apud* OLIVEIRA; BERCHIELLI, 2007).

Tanto efeitos benéficos como adversos dos taninos no metabolismo animal dependem da concentração e natureza do tanino, espécie, estado fisiológico do animal e composição da dieta (BERCHIELLI *et al.*, 2011). Esses efeitos estão intimamente relacionados à capacidade dos taninos em formar complexos insolúveis com diversas moléculas.

Os efeitos adversos dos taninos no metabolismo ruminal estão relacionados à capacidade de reduzir o consumo de matéria seca (FRUTOS *et al.*, 2002) e a digestibilidade dos nutrientes (McSWEENEY *et al.*, 2001; HERVÁS *et al.*, 2003), promove a atividade antimicrobiana (BAE *et al.*, 1993; JONES *et al.*, 1994; SCALBERT, 1991) e ocasiona danos a mucosa do trato gastrointestinal (CHUNG *et al.*, 1998).

Os taninos podem afetar o consumo de matéria seca através da redução da palatabilidade dos alimentos, que ocorre em razão do efeito adstringente do composto fenólico. Essa sensação de adstringência é ocasionada pela formação de complexos entre taninos e proteínas salivares (NOZELLA, 2001).

Aerts *et al.*, (1999) em revisão sobre os efeitos benéficos das proantocianidinas nas forragens observou que o fornecimento de altas concentrações de taninos condensados (6 a 12% na MS) pode deprimir o consumo voluntário da dieta. Essa redução da ingestão de matéria seca afeta a quantidade de nutrientes disponíveis no rúmen para o crescimento e desenvolvimento microbiano, os quais influenciam a digestibilidade dos alimentos.

Altas concentrações de tanino em dietas para ruminantes podem ainda, afetar adversamente a digestibilidade dos nutrientes, em razão da capacidade que esses compostos fenólicos têm de formar complexos insolúveis com proteínas da dieta e polímeros, tais como: celulose, hemicelulose, pectina e minerais (McSWEENEY *et al.*, 2001). Hagerman *et al.*, (1992), observou redução da digestibilidade da matéria seca e da proteína de dietas contendo altas concentrações de tanino condensado.

Os taninos podem inibir a atividade microbiana ruminal contribuindo para a redução da digestibilidade dos diferentes constituintes dos alimentos. Os mecanismos mais aceitos que explicam a atividade antimicrobiana são: privação dos substratos necessários para o crescimento microbiano, inibição das enzimas microbianas e ação direta sobre o metabolismo dos microrganismos (SCALBERT, 1991; SCHOFIELD *et al.*, 2001; QUESADA *et al.*, 1995).

Elevados níveis de taninos podem acarretar danos à mucosa do trato gastrointestinal através da interação com as proteínas estruturais da mucosa intestinal estimulando um aumento de perdas endógenas de proteína (McSWEENEY *et al.*, 2001). Chung *et al.* (1998), em revisão relatou os danos que altos níveis de taninos podem acarretar ao revestimento da mucosa do trato gastrointestinal dos animais.

Os efeitos benéficos dos taninos no metabolismo ruminal dependem, principalmente, da concentração com que se apresentam na dieta. Esses efeitos benéficos estão associados à maior disponibilidade de aminoácidos no intestino delgado (BARRY e McNABB, 1999) e o aumento da síntese de proteína microbiana (MAKKAR, 2003).

A capacidade dos taninos de ligar-se a proteína através de ligações de hidrogênio propicia a formação de complexos tanino-proteína que são estáveis em pH ruminal resistindo a degradação microbiana (MEZZOMO *et al.*, 2011). Essa redução da degradação microbiana da proteína no rúmen pode propiciar um aumento do fluxo de proteína para o intestino delgado (AERTS; BARRY; McNABB, 1999).

Barry e McNabb (1999) observando as implicações dos taninos sobre o valor nutritivo de alimentos para ruminantes, constataram o aumento da absorção de aminoácidos no intestino delgado quando utilizou dietas com concentrações de tanino condensado.

A maior parte dos aminoácidos absorvidos pelos ruminantes é proveniente da proteína microbiana sintetizada no rúmen. As exigências dietéticas de proteína metabolizável para ruminantes são atendidas mediante a absorção no intestino delgado da proteína microbiana verdadeira e da proteína dietética não degradada no rúmen (PINA *et al.*, 2010).

Embora, haja um decréscimo na taxa de digestão ruminal dos nutrientes utilizando dietas com altas concentrações de tanino, este composto, contribuiu para uma melhor sincronização da liberação dos nutrientes, e consequente, aumento na eficiência da síntese de proteína microbiana (MAKKAR, 2003).

Diante de tais qualidades, tem sido objetivo da nutrição dos ruminantes, maximizar o fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado e a síntese de proteína microbiana, aumentando assim a eficiência produtiva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Bovinocultura e Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal, pertencentes ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado no município de Areia - PB.

3.2. ORIGEM DO GRÃO DE SORGO E DIETAS EXPERIMENTAIS

As sementes de sorgo do híbrido A9904 foram adquiridas na Semeali Sementes e plantadas em áreas do Setor de Bovinocultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II.

O corte das panículas foi realizado com os grãos no estado seco (87% MS) com auxílio de uma tesoura de poda. Após colhidas, as panículas secaram ao sol e foram acopladas a um desintegrador de grãos que sofreram moagem até a obtenção de partículas no tamanho de 6 mm. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de rafia com capacidade para 30 kg, sob paletes em local arejado e livre de umidade por 45 dias.

As dietas experimentais foram formuladas e balanceadas para atender as exigências de manutenção e crescimento, de acordo com o National Research Council (2001). Foram fornecidas na forma de ração completa, *ad libitum*, permitindo-se aproximadamente 10% de sobras, sendo fracionadas em duas porções de mesmo peso, as quais foram fornecidas às 7h e 16h.

A relação volumoso : concentrado das dietas experimentais foi 60:40, de maneira que foram testados quatro tratamentos constituídos em função dos níveis de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído nas proporções de 0, 33, 67, 100% no concentrado (Tabela 1), e como volumoso, foi fornecido silagem de capim elefante (Tabela 2).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais em g/kg/MS com inclusão de sorgo em substituição ao milho e quantidades de tanino das dietas

Ingrediente	Nível de substituição do milho pelo sorgo grão			
	0	33	67	100
Milho Moído	311,7	208,71	105,5	0
Farelo de Trigo	46,0	46,0	46,0	46,0
Farelo de Soja	23,1	23,1	23,1	23,1
Sorgo, Grão	0	102,99	206,2	311,7
Uréia	6,4	6,4	6,4	6,4
Mineral	12,8	12,8	12,8	12,8
Tanino	0	3,75	7,52	11,37

Tabela 2. Teores de nutrientes da silagem de capim elefante e das dietas experimentais de acordo com o nível de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído nas proporções de 0, 33, 67, 100% no concentrado;

Nutriente	Silagem de capim elefante	Concentrado			
		Nível de substituição do milho pelo sorgo grão (%)			
		0	33	67	100
MS (%)	25,63	88,97	88,39	89,37	89,30
MM (%MS)	6,23	2,22	2,30	2,44	2,59
MO (%MS)	93,77	97,78	97,70	97,56	97,41
PB (%MS)	4,05	13,10	13,48	13,52	13,55
EE (%MS)	1,82	4,01	3,18	2,63	2,24
FDN (%MS)	68,98	20,67	18,69	18,03	15,90
FDA (%MS)	50,62	5,87	6,76	8,12	9,82
CHOT (%MS)	87,90	80,67	81,04	81,41	81,63

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CHOT: carboidratos totais.

3.3. MANEJO DOS ANIMAIS

Foram utilizados 4 bovinos mestiços, castrados, com peso corporal de $518,8 \pm 30,6$ kg, fistulados no rúmen que foram mantidos em baias individuais cobertas, com piso de concreto, comedouro e acesso irrestrito à água. Os animais passaram por um período de adaptação às dietas e instalações de 14 dias.

3.4. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO GRÃO DE SORGO

As análises para determinação da composição bromatológica do grão de sorgo foram realizadas com amostras do grão de sorgo processadas em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm. Posteriormente, as amostras foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo métodos descritos por Silvae Queiroz (2002). As avaliações quanto às concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) seguiram os protocolos sugeridos por Mertens (2002) (Tabela 3).

Para estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi utilizada a equação proposta por Sniffen *et al.*, (1992), $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%CINZAS)$.

Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do grão de sorgo

Nutriente	Grão de sorgo
MS (%)	86,57
MM (%MS)	1,74
PB (%MS)	10,27
FDN (%MS)	21,61
FDA (%MS)	12,65

3.5. DETERMINAÇÃO DA DEGRADABILIDADE RUMINAL

A quantificação da degradabilidade da matéria seca (DMS) ocorreu por procedimento de incubação *in situ* com amostras do grão de sorgo processadas em moinho de facas (2 mm). Essas amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²) com dimensões de 12x21 cm, respeitando-se a proporção de 20 mg de MS/cm² de superfície.

As amostras do grão de sorgo foram incubadas em quatro animais durante quatro períodos experimentais, onde foram testados quatro tratamentos constituídos em função dos níveis de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído nas proporções de 0, 33, 67, 100% no concentrado. Em cada período, em função da dieta fornecida, cada animal apresentou um ambiente ruminal diferenciado.

Os tempos de permanência da amostra no rúmen para determinação do desaparecimento da matéria seca foram: 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram dispostos no rúmen em ordem reversa quanto ao tempo de incubação, de modo que sua retirada do rúmen ocorreu simultaneamente. Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados com água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada (60°C), onde foram mantidos por 72 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (20 sacos/dessecador) e pesados (DETMANN *et al.*, 2001) para obtenção da MS não digerida.

Os dados obtidos sobre o desaparecimento da MS nos diferentes tempos de incubação foram ajustados ao modelo descrito por Ørskov e McDonald (1979), expresso por:

$$DP = a + b * (1 - \exp^{(-ct)}), \text{ em que:}$$

DP = degradabilidade potencial estimada (%);

a = fração solúvel (%);

b = fração potencialmente degradável (%);

c = taxa de degradação da fração potencialmente degradável b (%/hora);

t = tempo de incubação no rúmen (horas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino no nível 0% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído na dieta, está representada na Figura 1.

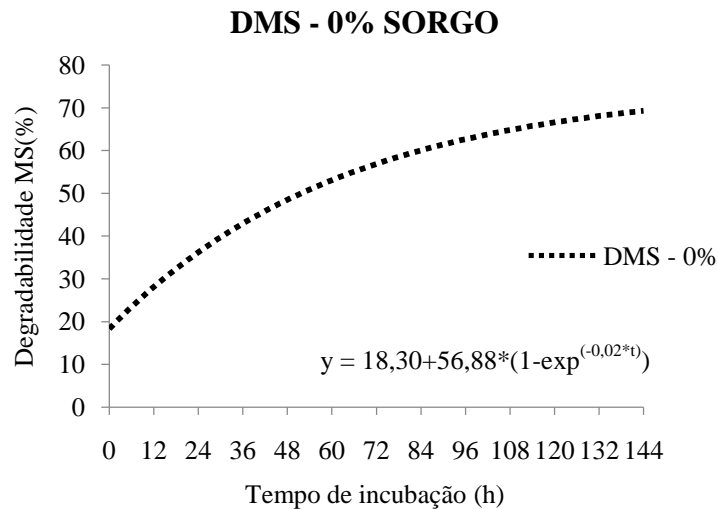


Figura 1. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 0%.

Conforme a Figura 1, a degradabilidade da MS no nível 0% de substituição foi de 46,88% nas primeiras 48 horas de incubação. Contudo, após as 48 horas, a degradação da MS mostrou-se mais acentuada (53,12%). Essa DMS nas primeiras 48 horas pode ter sido influenciada pela menor adaptabilidade da microbiota ruminal ao sorgo. O que pode ser devido à ausência de sorgo no concentrado, uma vez que este continha milho como fonte rica em carboidrato não fibroso (CNF).

O amido é o CNF presente nos grãos de milho e de sorgo, ele fornece energia prontamente disponível aos microrganismos ruminais que utilizam fontes de nitrogênio para o crescimento microbiano. Segundo Moron *et al.* (2000), a digestão ruminal do amido do grão de sorgo é menor quando comparado com a do milho, esse fato pode ser atribuído a maior resistência à degradação ruminal do amido do grão de sorgo.

Além disso, o grão de sorgo possui menor digestibilidade da proteína que o milho, em razão da maior porcentagem de endosperma amiláceo presente no grão (SNIFFEN, 1980). O endosperma é o principal tecido de estocagem dos grãos de sorgo, composto principalmente

por amido e proteína. Assim, quanto maior a porcentagem de endosperma no grão, mais lenta será a ruptura da estrutura do endosperma para o ataque dos microrganismos ruminais.

Tanto os valores da digestão ruminal do amido como da proteína do grão de sorgo são menores em relação aos encontrados no grão de milho (THEURER, 1986). De acordo com Hale (1973), o acesso ao endosperma amiláceo pode ser importante na utilização do amido da proteína do grão de sorgo, já que ambos têm relação direta com a digestibilidade desse componente do grão.

A degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino no nível 33% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído na dieta, está representada na Figura 2.

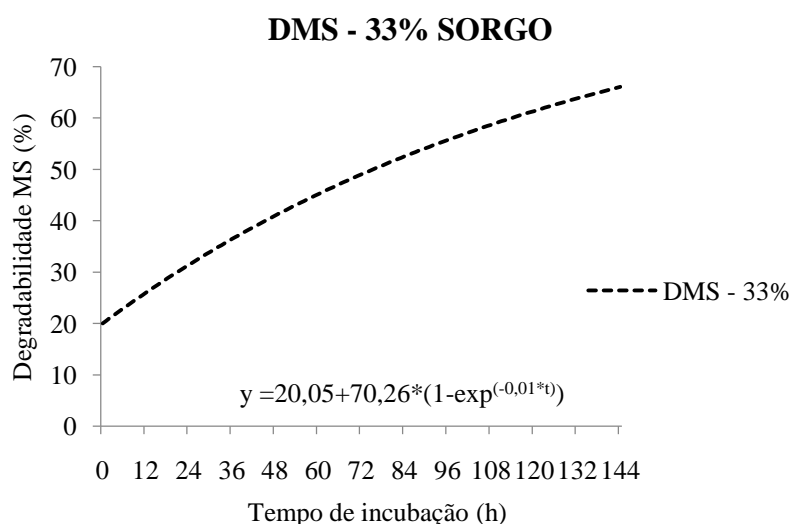


Figura 2. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 33%.

Na Figura 2, o nível 33% de substituição apresentou a degradabilidade da MS mais acentuada até às 48 horas de incubação (56,35%). Devido à maior proporção de grão de sorgo moído no concentrado, pode-se observar no nível 33 valores mais acentuados da degradabilidade da MS nas primeiras horas de incubação, isso pode ser atribuído ao rápido acesso aos grânulos de amido da matriz protéica do grão de sorgo, devido adaptabilidade da flora microbiana ao sorgo.

Segundo Silveira (2006), a dieta possui efeito sobre a degradabilidade dos nutrientes do alimento, pois, o tipo de substrato disponível no rúmen define os microrganismos que irão se desenvolver, colonizar e degradar de forma eficiente os alimentos.

Considerando que os grânulos de amido do grão de sorgo são ricos em amilopectina, Jobim *et al.* (2001) afirmaram que quanto maiores forem as proporções de amilose, em relação à amilopectina, nos grãos de cereais, maior será a influência negativa na taxa de degradação e na digestibilidade do amido.

Tal fato, pode estar relacionado à teoria de Van Soest (1994), que mencionou que o amido do grão de sorgo apresenta 25% de amilose e 75% de amilopectina, enquanto o amido do grão de milho apresenta 28% de amilose e 72% de amilopectina, o que pode conferir certa vantagem no que diz respeito à digestibilidade do grão de sorgo.

Contudo, após as 48 horas o desaparecimento da MS do grão de sorgo com tanino reduziu-se para 43,65%. Essa redução pode estar relacionada à máxima utilização dos nutrientes pelos microrganismos ruminais nas primeiras horas de incubação, como também, a barreiras ligadas a estrutura vegetal ou a presença de compostos fenólicos que auxiliam na redução da degradação ruminal.

A degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino para o nível 67% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído na dieta, está representada na Figura 3.

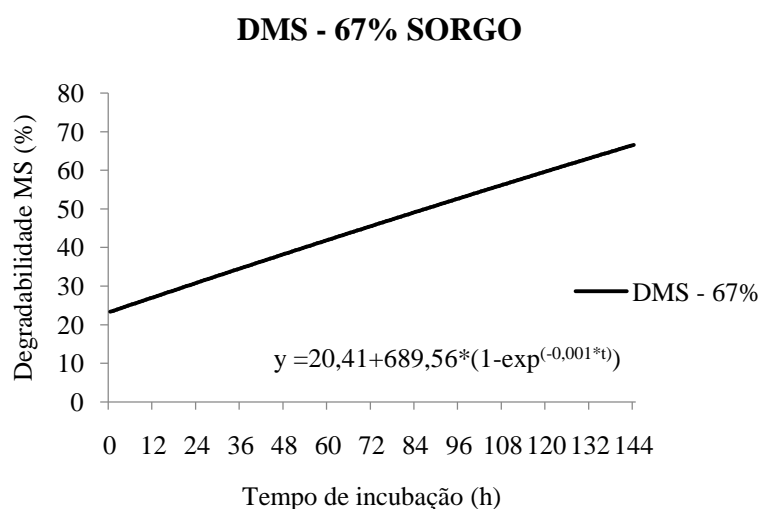


Figura 3. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 67%.

De acordo com a Figura 3, a degradabilidade da MS no nível 67 foi de 45,46% até às 48 horas de incubação. Enquanto que, no intervalo de 48 a 144 horas, a DMS foi mais acentuada (54,54%). Supõe-se que a baixa degradabilidade da MS do grão de sorgo nas

primeiras horas de incubação pode estar relacionado a barreiras ligadas a estrutura vegetal ou a presença de compostos fenólicos do grão que auxiliaram a uma maior resistência a degradação ruminal.

O endosperma amiláceo é o principal tecido de estocagem dos grãos de milho e de sorgo, composto principalmente por amido e proteínas de estocagem, e em menor proporção, por enzimas, vitaminas e minerais. Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz protéica, o endosperma amiláceo é classificado como córneo e farináceo (PEREIRA *et al.*, 2009). O endosperma córneo possui grânulos de amido envolvidos por uma matriz protéica. Já o endosperma farináceo não apresenta a matriz protéica que envolve os grânulos de amido que são altamente susceptíveis a digestão.

Os grãos de milho e de sorgo, além das diferenças em relação ao tamanho e forma da semente, apresentam diferenças na distribuição das proteínas do endosperma ao redor do amido. No grão de sorgo, a matriz protéica que recobre os grânulos de amido no endosperma córneo, é bem mais densa, dura e resistente à degradação física e enzimática, que proporciona uma menor degradabilidade ao sorgo. Além disto, o sorgo tem geralmente uma maior proporção de endosperma córneo que o milho (VELOSO *et al.*, 2005).

Além disso, o grão de sorgo apresenta na sua estrutura um revestimento externo e fibroso que confere proteção ao grão, denominado testa. Esta estrutura fica situada logo abaixo pericarpo, sendo o principal local de armazenamento dos compostos fenólicos nos grãos de sorgo com tanino. Logo, acredita-se que quanto mais tempo exposto à digestão microbiana, maior será a liberação de fenóis devido ao acesso a testa do grão (FABIO JR *et al.*, 2009).

Além das barreiras ligadas a estrutura, a presença de tanino no grão de sorgo pode inibir a atividade microbiana ruminal contribuindo para a redução da digestibilidade dos diferentes constituintes do alimento (MAKKAR, 2003).

Conforme representado na Figura 3, a degradabilidade da MS do grão de sorgo aumentou 54,54% após as 48 horas de incubação, sugerindo que esse comportamento de desaparecimento seja decorrente ao acesso dos nutrientes pela ruptura do endosperma do grão e/ou pela adaptação da microbiota ruminal aos taninos, influenciando no aumento da degradação da MS após as primeiras horas de incubação.

A degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com tanino no nível 100% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído, está representada na dieta na Figura 4.

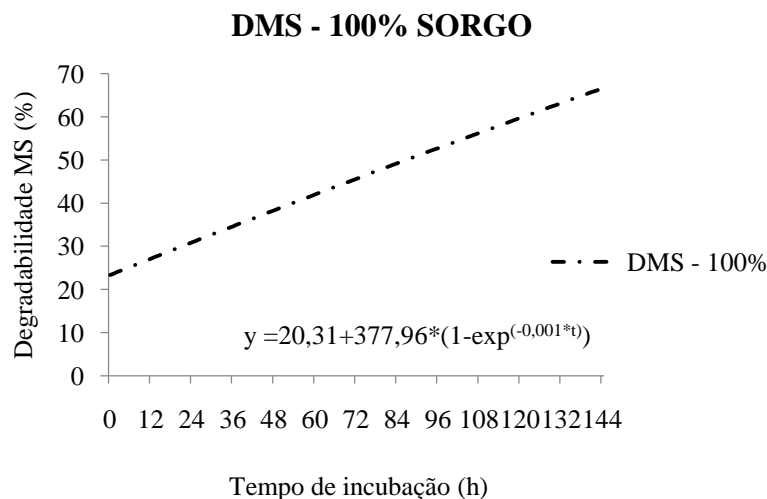


Figura 4. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino no nível 100%.

Conforme a Figura 4, a degradabilidade da MS para o nível 100% substituição foi mais acentuado até às 48 horas de incubação (52,71%). O nível 100% tinha apenas sorgo e não mais o milho como fonte de CNF. Assim, supõe-se que nas primeiras horas de incubação a presença de compostos fenólicos no sorgo não influenciou a utilização dos CNF do grão de sorgo.

Contudo, após as 48 horas, a degradabilidade da MS foi de 47,29%. Provavelmente, a redução no desaparecimento da MS pode estar relacionada a níveis maiores de tanino na dieta devido a exposição da testa do grão a degradação microbiana, que foram demasiados para os microrganismos ruminais.

Os mecanismos mais aceitos que explicam a atividade antimicrobiana são: privação dos substratos necessários para o crescimento microbiano, inibição das enzimas microbianas e ação direta sobre o metabolismo dos microrganismos (SCALBERT, 1991; QUESADA *et al.*, 1995; SCHOFIELD *et al.*, 2001).

A degradabilidade da MS apresentou comportamento crescente para os níveis de 0, 33, 67 e 100% de substituição do fubá de milho por grãos de sorgo moído na dieta (Figura 5).

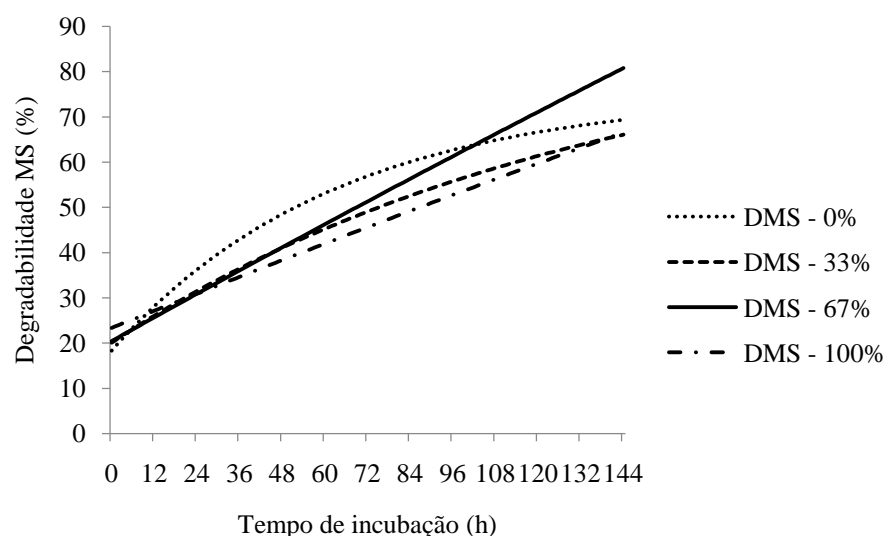


Figura 5. Degradabilidade da matéria seca (DMS) do grão de sorgo com tanino nos níveis 0, 33, 67 e 100%.

A DMS do grão de sorgo com tanino dos níveis 0, 33, 67 e 100% no tempo zero (t_0) de incubação variaram entre 18,30 a 20,31%. Esse tempo representa a fração solúvel (a) dos carboidratos e proteínas que possuem elevada disponibilidade aos microrganismos ruminais. Considerando que o volumoso foi silagem de capim elefante, constituído principalmente de carboidratos de parede celular, o sincronismo de 10 a 20% de energia para o rápido crescimento dos microrganismos (t_0), sugere ter sido adequado para o desenvolvimento da flora celulolítica e hemicelulolítica que degradou o volumoso.

O nível 0% continha um concentrado sem sorgo, com o milho como fonte de carboidratos não fibrosos (CNF), e a dieta com o nível 100% tinha o sorgo e não mais o milho como fonte de CNF. Comparando, portanto, o nível 0 com o nível 100 verifica-se que a degradabilidade do milho foi superior ao grão de sorgo, 75,10% contra, 68,47%.

Os níveis intermediários 33 e 67% apresentaram um padrão variável, maior para o nível com inclusão mais elevada de sorgo (67 com 79,59%) e menor para o nível com mais milho (33 com 68,87%). Isto pode ser devido à adaptabilidade da flora microbiana ao sorgo. Contudo, o nível 100 pode ter sido demasiado para estes microrganismos.

O desaparecimento da MS total após 144 horas de permanência no rúmen dos níveis de sorgo 0, 33, 67 e 100 foi de 75,10; 68,87; 79,59 e 68,47%, respectivamente, em que os níveis 0 e 67% foram os mais elevados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grão de sorgo moído nas proporções de 33 e 100% no concentrado apresentou elevada disponibilidade de matéria seca nas primeiras horas de incubação.

O nível 67% de grão de sorgo na dieta proporcionou o maior desaparecimento da MS às 144 horas de incubação.

REFERÊNCIAS

- AERTS, R.J.; BARRY, T.N.; McNABB, W.C. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 75, p. 1-12, 1999.
- BAE, H. D. *et al.* Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. **Applied Environ Microbiology**, v. 59, p. 2132-2138, 1993.
- BARROS, I. C. *et al.* **Composição bromatológica de cultivares de capim-buffel, submetidos à adubação nitrogenada no verão.** In: 47^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010, Salvador-BA. 47^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- BARRY, T. N.; McNABB, W.C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 81, p. 263-272, 1999.
- BEELEN, P. M. G.; PEREIRA FILHO, J. M.; BEELEN, R. N. **Avaliação de taninos condensados em plantas forrageiras.** *Anais...* Zootec 2008, João Pessoa, 2008.
- BERCHIELLI, T. T.; VEGA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S. G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição.** IN: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes.* Jaboticabal: FUNEP, p. 415-438, 2011.
- CABRAL, L. S. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 777-781, 2005.
- CASALI, A. O. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 335-342, 2008.
- CASALI, A. O. *et al.* Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.130-138, 2009.

CHUNG, K. T. *et al.* Tannins and Human Health: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 6, v. 38, p. 421-464, 1998.

DAMIRAN, D. *et al.* Comparison of technique and grinding size to estimate digestibility of forage based ruminant diets. **Animal Feed Science Technology**, v. 141, p. 15-35, 2008.

DETMANN, E. *et al.* Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001.

FARIA JR., W. G. *et al.* Grão de sorgo na alimentação de gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Alimentos para gado de leite. 1 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.

FORTALEZA, A. P. S.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. Z. *et al.* Degradabilidade ruminal *in situ* dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 481-496, 2009.

FRUTOS, P. *et al.* Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v.92, p.215-226, 2002.

HAGERMAN, A. E. *et al.* Tannin chemistry in relation to digestion. **Journal of Range Management**, v. 45, p. 57-62, 1992.

HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.37, n.4, p.1075-1081, 1973.

HERVÁS, G. *et al.* Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. **Animal Feed Science Technology**, v. 109, p. 65-78, 2003.

JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. **Utilização de silagem de grãos de cereais na alimentação animal**. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: CCA/UEM/DZO, p.146-176, 2001.

JONES, G. A. *et al.* Effects of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. **Applied Environ Microbiology**, v. 60, p. 1374-1378, 1994.

MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Review. **Small Ruminant Research**, v. 49, p. 241-256, 2003.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002

MEZZOMO, R. *et al.* Influence of condensed tannin on intake, digestibility, and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**, v. 141, p. 1-11, 2011.

McSWEENEY, C. S. *et al.* Microbial interactions with tannins nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science Technology**, v. 91, p. 83-93, 2001.

MORON, I. R. *et al.* Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 208-212, 2000.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. In: TEIXEIRA, J. C. **Digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA - FAEPE, p. 197-240, 1997.

NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro em ruminantes**. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2011, 616p.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Potencialidades da utilização de taninos na conservação de forragens e nutrição de ruminantes - revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.12, n.1, p. 1-9, 2007.

OLIVEIRA, V. S. *et al.* Utilização da Técnica de Produção de gás *In Vitro* para Estimar a Digestibilidade dos Alimentos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral, Garça – SP, n. 23, 2014.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, n. 4, p. 499-503, 1979.

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C.; GONÇALVES, L. C. **O milho na alimentação de gado de leite**. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Alimentos para gado de leite. 1 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.

PINA, D.S.*et al.* **Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana**. In: Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR - CORTE, 2ª Ed., Viçosa: Sebastião de Campos Valadares Filho, Marcos Inácio Marcondes, Mário Luiz Chizzotti, Pedro Veiga Rodrigues Paulino, p.13 – 46, 2010.

QUESADA, C. *et al.* Phenolic inhibitors of α -amylase and trypsin enzymes by extracts from pears, lentils and cocoa. **Journal Food Protection**, v. 59, p. 185-192, 1995.

QUINN, J. L.; VANDER WATH, J. G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary tract of merino sheep in south Africa. IV. Description of experiment technique. **Journal of Veterinary and Science Animal Indian**, Ondersteport, v.11, n.2, p.341-360, 1938.

- SANTOS, V. P. **Degradabilidade *in situ* da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido e digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais.** 75p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2006.
- SANTOS, V. P. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fração fibra da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e da silagem de milho em diferentes ambientes ruminais. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-201, 2008.
- SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho produtivo de cultivares de sorgo forrageiro e granífero na Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.2, p.49-55, 2013.
- SARMENTO, N. L. A. F. **Composição química e degradabilidade ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon*.** 49p. Dissertação (Mestrado), UNIMONTES, Minas Gerais, 2010.
- SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, v. 30, p. 3875-3883, 1991.
- SILVA, J. S. **Degradabilidade ruminal *in situ* do sorgo grão em diferentes formas de reconstituição.** 56p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002. 235p
- SILVEIRA, M. F. **Comparação de métodos *in vivo* e laboratoriais para estimar o valor nutritivo de dietas para bovinos de corte.** Santa Maria, 2006. 60p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 21-40, 2001.
- SCHEUERMANN, G. N. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte.** UBA- Informa (Informativo técnico – União Brasileira de Avicultura), p. 95-96, 2003.

SNIFFEN, C. J. **The use of by-pass protein in ration formulation.** In: AMERICAN FEED MANUFACTURE ASSOCIATION NUTRITION COUNCIL, 40., New York.

*Proceedings...*New York: 1980. p.40.

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, C. G. **Degradabilidade de grãos secos e ensilados de sorgo, com e sem tanino, submetidos à granulometrias.** Botucatu, 2009. 48p. .Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

TABOSA, J. N. *et al.* Programa de melhoramento de sorgo e milho em Pernambuco, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/sorgo.pdf>>. Acessado em: 13 fev. 2015.

TEIXEIRA, J. C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. Digestibilidade em ruminantes.** Lavras: UFLA - FAEPE, 1997, p. 7-27.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, n.5, p.1649-1662, 1986.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**, v.18, p. 104-111, 1963.

VANZANT, E. S.; COCHRAN, R. C.; TITGEMEYER, E. C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, v.76, p.271-279, 1998.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** 2. Ed. London. Constock Publishing Associates, USA, 1994. 476p.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. **Fermentação Ruminal.** In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 161-191p. 2011.

VELOSO, C. M. *et al.* **Aspectos da digestão do amido.** In: ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. *Nutrição de Ruminantes: aspectos relacionados à digestibilidade e ao aproveitamento de nutrientes.* 1 ed. Campo Grande, MS: Editora UCDB, v. 1. 2005.184p.